

Research Paper



Measuring spring and autumn fluctuations of land use indices (LULC) using the support vector machine (SVM) method and analyzing the correlation relationships of LST with NDBI, MNDWI, and NDVI indices in the Heyran Defile area

Mehdi Feyzolahpour^{1*}

This paper is an open access and licenced under the CC BY NC licence.



DOI:10.22034/HYD.2023.56988.1699

Reference to this article: Feyzolahpour, Mehdi. (2023). Measuring spring and autumn fluctuations of land use indices (LULC) using the support vector machine (SVM) method and analyzing the correlation relationships of LST with NDBI, MNDWI, and NDVI indices (in the Heyran Defile area). *Hydrogeomorphology*, 11(38): 19-39 .

Keywords

Land surface land cover, land surface temperature, NDBI, MNDWI, NDVI, Heyran

Receive Date: 2023/06/05

Accept Date: 2023/10/11

Available: 2024/04/17

A B S T R A C T

The purpose of this research is to investigate the relationship between LST and LULC in Heyran region. LULC indices consist of normalized difference of vegetation index (NDVI), normalized difference of built-up index (NDBI) and modified normalized difference of water index (MNDWI). The area of the studied area is 156.95 square kilometers, out of which in 1401, about 122.7 square kilometers are dedicated to forest area and only 33.2 square kilometers are dedicated to agricultural land. The values of the MNDWI index in the richest region in 2017 had an area equal to 12.27 square kilometers and faced a sharp decrease in 1401 and reached 1.68 square kilometers. Built-up areas (NDBI) increased until 2017 and decreased significantly until 1401. The maximum land surface temperature (LST) has reached from 35.42 degrees Celsius in 2013 to 39.04 degrees Celsius in 1401. The area with a temperature of 20 to 25 degrees Celsius has increased from 67.9 square kilometers to 124 square kilometers. Finally, Pearson correlation relationships showed that NDVI and MNDWI index had a negative correlation with LST index and there was a positive correlation between LST index and NDBI index. The highest positive correlation of 0.77 between LST and NDBI belongs to the spring of 2017, and the highest negative correlation of -0.71 belongs to the MNDWI and LST index, which was registered in the fall of 2017.

* Corresponding Author: Mehdi Feyzolahpour

E-mail: feyzolahpour@znu.ac.ir

1. Assistant professor, University of Zanjan

Introduction

This research aims to investigate the relationship between LST and LULC in the Heyran Defile. LULC indices consist of the normalized difference of vegetation (NDVI), normalized difference of construction (NDBI), and normalized and modified differences of water (MNDWI). The area of the studied area is 156.95 km², out of which about 122.7 km² are dedicated to forest area and only 33.2 square kilometers are dedicated to agricultural land in 2022. The MNDWI index values in the richest region had an area equal to 12.27 km² in 2017, with a sharp decrease of 1.68 km² in 2022. Built-up areas (NDBI) increased until 2017 and decreased significantly until 2022. The maximum land surface temperature (LST) reached from 35.42 °C in 2013 to 39.04 °C in 2022. The area with a temperature of 20-25 °C reached 124 km² from 67.9 km².

Methodology

Landsat 8 images were used to classify images and display different land cover classes (Ahmed et al., 2013: 5974) by combining the bands required for LULC classification. Bands 1-7 are used for this purpose in Landsat 8 images. The support vector machine (SVM) was used to determine the type of LULC in the Arc GIS software environment. Bands were combined in data management tools, raster processing, and composite bands. The generated image was trained in the classification section and processed in the segmentation and classification section with the SVM system or the train support vector machine classifier option. To detect changes in the land cover pattern, the area was divided into three different categories. NDVI, NDBI, and MNDWI indexes were used to investigate the role of different factors in the earth's surface temperature by selecting 1578 points.

Results and Discussion

The LULC analysis showed that the forest surface covered 77.3% and 78.1% of the land in spring and autumn, respectively, in 2022. In the second place, agricultural lands occupied 21.7% and 21.15% of the area in spring and autumn, respectively. Barren lands had the lowest amount (0.63%) in spring and autumn. For spring, the conditions of the constructed areas, soil moisture, and vegetation in the study area were measured using NDBI, MNDWI, and NDVI indices, respectively. The results of these indicators are presented in Figures 4, 5, and 6. The value range of each index is divided into classes, and the area of each group is presented in corresponding tables. The state of water resources and moisture index indicates that the richest water resources for the spring of 2012 covered about 7.7 km² of the region. This amount reached 12.27 km² in the spring of 2017, and then it faced a sharp decrease and reached 1.68 km² in 2022.

Conclusions

The area of the studied area is 156.95 km², about 122.7 km² of which are dedicated to forest areas and only 33.2 km² are dedicated to agricultural land in 2022. The MNDWI index values in the richest region had an area equal to 12.27 km² in 2017 and faced a sharp decrease of 1.68 km² in 2022. The construction areas in this area were increasing rapidly until 2017, but they were somewhat controlled to reduce their intensity until 2022.

مقاله پژوهشی



اندازه گیری نوسانات بهار و پاییز شاخص های کاربری زمین (LULC) با استفاده از روش ماشین بردار پشتیبانی (SVM) و تحلیل روابط همبستگی LST با شاخص های NDBI، MNDWI و NDVI در محدوده گردنه حیران



مهدی فیض اله پور*



این مقاله به صورت دسترسی باز و با لایسنس CC BY NC کریتیو کامنز قابل استفاده است.



ارجاع به این مقاله: فیض اله پور، مهدی (۱۴۰۲). اندازه گیری نوسانات بهار و پاییز شاخص های کاربری زمین (LULC) با استفاده از روش ماشین بردار پشتیبانی (SVM) و تحلیل روابط همبستگی LST با شاخص های NDBI، MNDWI و NDVI در محدوده گردنه حیران. *هیدروژئومورفولوژی*، ۱۱ (۳۸): ۳۹-۱۹

DOI:10.22034/HYD.2023.56988.1699



چکیده

هدف از این تحقیق بررسی روابط بین LST و LULC در منطقه گردنه حیران می باشد. شاخص های LULC متشکل از شاخص های تفاوت نرمال شده پوشش گیاهی (NDVI)، تفاوت نرمال شده ساخت و ساز (NDBI) و تفاوت نرمال شده و اصلاح شده آب (MNDWI) می باشد. مساحت منطقه مورد مطالعه ۱۵۶/۹۵ کیلومتر مربع بوده که از این میزان در سال ۱۴۰۱، حدود ۱۲۲/۷ کیلومتر مربع اختصاص به پهنه جنگلی داشته و تنها ۳۳/۲ کیلومتر مربع اختصاص به زمین کشاورزی دارد. مقادیر شاخص MNDWI در غنی ترین منطقه در سال ۱۳۹۷ از مساحتی معادل ۱۲/۲۷ کیلومتر مربع برخوردار بوده و با کاهش شدید در سال ۱۴۰۱ مواجه شده و به ۱/۶۸ کیلومتر مربع رسیده است. پهنه های ساخت و ساز شده (NDBI) تا سال ۱۳۹۷ با افزایش مواجه بوده و تا سال ۱۴۰۱ با کاهش قابل توجهی روبرو گردید. حداکثر دمای سطح زمین (LST) از ۳۵/۴۲ درجه سانتیگراد در سال ۱۳۹۲ به ۳۹/۰۴ درجه سانتیگراد در سال ۱۴۰۱ رسیده است. پهنه برخوردار از دمای ۲۰ تا ۲۵ درجه سانتیگراد از ۶۷/۹ کیلومتر مربع به ۱۲۴ کیلومتر مربع رسیده است. در نهایت، روابط همبستگی پیرسون نشان داد که شاخص NDVI و MNDWI با شاخص LST از همبستگی منفی برخوردار بوده و بین شاخص LST با شاخص NDBI همبستگی مثبت برقرار است. بیشترین همبستگی مثبت به میزان ۰/۷۷ بین LST و NDBI مربوط به بهار ۱۳۹۷ بوده و بیشترین همبستگی منفی به میزان -۰/۷۱ متعلق به شاخص MNDWI و LST بوده که در پاییز ۱۳۹۷ به ثبت رسیده است.

کلیدواژه‌ها

کاربری اراضی، دمای سطح زمین، NDBI، MNDWI، NDVI، گردنه حیران

تاریخ دریافت: ۱۴۰۲/۰۳/۱۵

تاریخ پذیرش: ۱۴۰۱/۰۷/۱۹

تاریخ انتشار: ۱۴۰۲/۰۱/۲۹

* نویسنده مسئول: مهدی فیض اله پور

رایانامه: feyzolahpour@znu.ac.ir

مقدمه

آب و هوا و کاربری زمین دارای روابط پیچیده ای با یکدیگر می باشند. تغییرات کاربری و پوشش زمین (LULC) می تواند بر اقلیم تاثیر گذاشته و متقابلاً تاثیر پذیرد. تغییر نامناسب LULC دلیل اصلی تغییرات آب و هوایی به شمار می آید (تاکور و همکاران^۱، ۲۰۱۹: ۳۹، موندال^۲ و همکاران، ۲۰۲۱: ۲۱۴، فتاح و مرشد^۳، ۲۰۲۲: ۲۹۰). این مشکل در مناطق شهری به ویژه در شهر های نوظهور برجسته بوده است. با رشد و توسعه جمعیت شهری، شهر ها با شمار فزاینده ای از چالش ها از جمله تاثیرات اقلیمی مواجه می شوند. افزایش دمای سطح زمین به دلایل طبیعی و مصنوعی در حال حاضر یکی از بحرانی ترین عوامل تاثیرگذار بر اقلیم می باشد. علاوه بر این، افزایش LST بر روی عواملی از قبیل کاهش اقلیم آسایش، بدتر شدن کیفیت آب و هوا، افزایش نرخ مرگ و میر و خسارات اقتصادی تاثیر غیر مستقیمی بر جای می گذارد (استینولد و همکاران^۴، ۲۰۱۸: ۲۰۹، کافی و همکاران^۵، ۲۰۲۲: ۶۱). شاخص LULC و تاثیرات آن به مبحث مهمی در تحقیقات برنامه ریزی شهری، هواشناسی، اکولوژی و جغرافیا تبدیل شده است. برای اتخاذ اقدامات مبتنی بر سازگاری با محیط لازم است تا اطلاعات جامع تری در مورد روند و پویایی LST در اثر تغییرات کاربری اراضی فراهم گردد. تغییرات کاربری اراضی می تواند در نتیجه عوامل انسانی و اقلیمی رخ دهد. برای مثال، تقاضا برای سکونتگاه های جدید، اغلب منجر به از دست رفتن غیر قابل بازگشت پوشش طبیعی می شود که می تواند منجر به تغییرات موضعی در الگوهای آب و هوا، بارش و دما گردد. (مرشد و همکاران^۶، ۲۰۲۱: ۳۶، تاکور و همکاران، ۲۰۲۰: ۳۹، قازی و موندال^۷، ۲۰۱۸: ۷۸۳). این تغییرات توانایی تاثیرگذاری بر اقلیم زمین را با تغییر الگوهای گردش محلی، منطقه ای و جهانی، تغییر بازتاب سطح زمین و افزایش دی اکسید کربن در مناطق بزرگ جمعیتی دارا می باشند (فتاح و همکاران، ۲۰۲۱: ۸۳). افزایش مناطق ساخته شده باعث کاهش پوشش های جنگلی و پهنه های آبی شده و بر اکوسیستم و ذخیره کربن تاثیر می گذارد (کومار و همکاران^۸، ۲۰۲۱: ۳۳، موندال و همکاران، ۲۰۱۸: ۷۷۶). تبدیل پوشش زمین به مناطق ساخته شده باعث افزایش انتشار کربن می گردد. این پدیده منجر به گرم شدن کره زمین و افزایش LST می شود. اگرچه مناطق مختلفی در سراسر جهان با اثرات نامطلوب تغییرات کاربری اراضی و همچنین رشد LST مواجه بوده اند لیکن این تاثیرات در مناطق توسعه یافته حادتر می باشد.

ارتباط بین تغییر کاربری زمین و LST توجه روزافزون جامعه علمی، مقامات بهداشتی، برنامه ریزان شهری و مهندسان محیط زیست را به دلیل تاثیرات قابل توجه آن بر سلامت انسان به خود جلب کرده است (لی و همکاران^۹، ۲۰۱۷: ۴۳۱، لائو^{۱۰}، ۲۰۱۶: ۱۴۴، لیمونسو و همکاران^{۱۱}، ۲۰۱۳: ۶۸۴).

شاخص LST پارامتر مهمی در انرژی محلی و جهانی و بیلان آب سطحی می باشد. سنجنده های سنجش از دور مطالعه LULC و LST را به آسانی ممکن ساخته است. در حال حاضر بسیاری از فناوری های سنجش از دور پیشرفته برای تخمین LST استفاده می شوند. تاثیر LULC بر روی LST به طور گسترده ای در بسیاری از تحقیقات پیشین مورد مطالعه قرار گرفته است (زانگ^{۱۲}، ۲۰۱۶: ۷، الحامدی و همکاران^{۱۳}، ۲۰۲۱: ۲۴). اگر چه این تحقیقات بر روی اثر تغییر LULC بر تغییرات LST متمرکز شده اند لیکن تحقیقاتی که به طور جامع اثرات فصلی را مقایسه کند وجود ندارد. تمامی این تحقیقات LST را تنها برای فصل تابستان محاسبه کرده اند. اکثر این تحقیقات تنها از دو شاخص NDVI و NDBI در کاربری اراضی استفاده کرده و تاثیرات آن را بر روی LST بررسی نمودند. در نتیجه، پهنه های آبی در اغلب موارد نادیده گرفته می شوند. تعداد محدودی از مطالعات تاثیر همه انواع کاربری اراضی را بر روی LST بررسی نمودند. توزیع LST به صورت فصلی متفاوت بوده و به طبقات مختلف کاربری اراضی واکنش های متفاوتی را نشان می دهد (هوانگ و کادناسو^{۱۴}، ۲۰۱۶: ۲۵۱۲).

در ایران نیز تحقیقات مختلفی در زمینه شاخص دمای سطح زمین انجام گرفته است. لیکن در تحقیقات محدودی به بررسی روابط LST با شاخص های مختلف پرداخته شده است. فیضی زاده و همکاران (۱۳۹۵) با استفاده از تصاویر ماهواره لندست ۸ و الگوریتم پنجره مجزا

¹ Thakur et al² Mondal et al³ Fattah & Morshed⁴ Steeneveld et al⁵ Kafy et al⁶ Morshed et al⁷ Gazi & Mondal⁸ Kumar et al⁹ Li et al¹⁰ Lowe¹¹ Lemonsu et al¹² Zhang¹³ Al-Hameedi et al¹⁴ Huang & Cadenasso

اقدام به برآورد دمای سطح زمین در حوضه آبریز مهاباد نمودند. نتایج نشان داد که روش الگوریتم پنجره مجزا نتایج قابل اعتمادی را در برآورد دمای سطح زمین ارائه می دهد که می تواند در مطالعات زیست محیطی و علوم زمین مورد استفاده قرار گیرد.

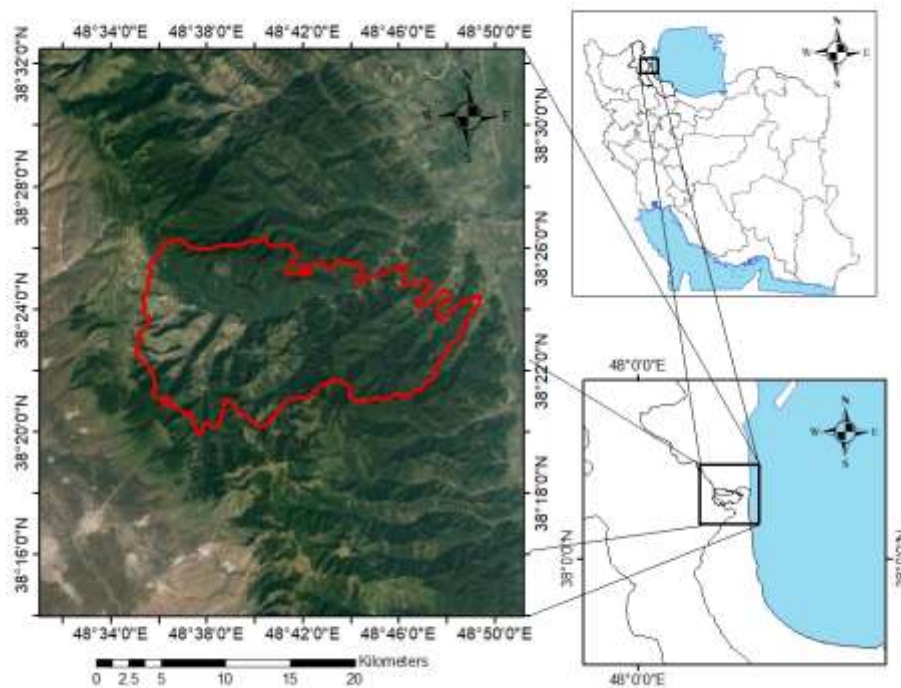
دماوندی و همکاران (۱۳۹۵) از طریق سری های زمانی شاخص های NDVI و LST اقدام به پایش مکانی خشکسالی کشاورزی نمودند. بررسی سری های زمانی حاصل از VCI و TCI نشان داد که ارتباط معناداری میان تغییرات NDVI و LST وجود داشته است. خسروی و همکاران (۱۳۹۶) رابطه تغییرات زمانی دمای سطح زمین و الگوی فضایی تغییرات کاربری اراضی را در شهر زنجان بررسی نمودند. بر اساس نتایج تحقیق مشخص شد که بیشترین مقادیر دمایی در شهر زنجان مربوط به مناطق دارای زمین های بایر و کمترین مقادیر در مناطق حاوی پوشش گیاهی، کاربری های مرکز شهر و بافت های فرسوده رخ داده است. علیمردادی و همکاران (۱۳۹۶) به بررسی پوشش گیاهی حوضه کارون در رابطه با دما و بارش پرداختند. روابط رگرسیونی فضایی به دست آمده نشان داد که ۰/۶۲ از تغییرات پوشش گیاهی استان خوزستان را می توان تنها با تغییرات دمای سطح زمین پیش بینی کرده و تغییرات دمای هوا و بارش، میزان ناچیزی از تغییرات پوشش گیاهی را به نمایش می گذارند. نادری زاده و همکاران (۱۳۹۷) با استفاده از تصاویر چند زمانه لندست به بررسی تغییرات مکانی و زمانی کاربری اراضی و تاثیر آن بر افزایش دمای سطح زمین پرداختند. نتایج بررسی ها ارتباط بین تغییرات کاربری اراضی و تحولات سطح زمین را نشان داده و مشاهده می شود که با تبدیل کاربری فضای سبز به زمین آیش، بیشترین تغییرات دمای سطح زمین رخ می دهد. جمالی و همکاران (۱۳۹۸) ارتباط دمای سطح زمین با کاربری اراضی و شاخص اختلاف گیاهی نرمال شده در دشت گرگان را مورد بررسی قرار دادند. نتایج نشان داد مناطقی که پوشش گیاهی متراکم تری مانند جنگل دارند میزان LST به مراتب کمتر از سایر کاربری ها داشته اند. حسینی و همکاران (۱۳۹۸) به کمک شاخص های پوشش گیاهی، دمای سطح خاک و شاخص نرمال شده رطوبت اقدام به برآورد رطوبت خاک نمودند. نتایج نشان داد که بین مقادیر رطوبت خاک سطحی با شاخص های NDMI، NDVI و LST همبستگی بالایی برقرار است. نیلیه بروجنی و همکاران (۱۳۹۸) با استفاده از تصاویر ماهواره لندست ۸ به بررسی رابطه پوشش گیاهی شهری و درجه حرارت سطح زمین در شهر اصفهان پرداختند. نتایج نشان داد که تخریب شدیدی در پوشش سبز منطقه زخ داده و بخش عمده این تغییرات در جهت تبدیل شده به منطقه شهری بوده است. همچنین نتایج حاصل شده نشان دهنده وجود یک رابطه معکوس بین دمای سطح زمین و سنجه NDVI می باشد. عابدینی و قلعه (۱۴۰۰) با استفاده از تکنیک های شی گرا و پیکسل پایه، تغییرات کاربری اراضی را در منطقه مردق چای مورد بررسی قرار دادند. نتایج نشان داد که مراتع در این منطقه به سایر کاربری ها تبدیل شده اند. عابدینی و همکاران (۱۴۰۱) با استفاده از تصاویر سنجنده OLI و TM به پایش دمای سطح زمین و بررسی رابطه کاربری اراضی با دمای سطح در منطقه مشکین شهر پرداختند. نتایج نشان داد که رابطه قوی بین کاربری اراضی و دمای سطحی وجود داشته و مناطق با پوشش گیاهی بالا و مناطق آبی دارای درجه حرارت پایین نسبت به نواحی مجاور خود بوده اند. اصغری و همکاران (۱۴۰۲) تغییرات پوشش برف و دمای سطح زمین را با توجه به غاکتور ارتفاع بررسی نمودند. نتایج نشان داد که بین LST و پوشش برف رابطه معکوس وجود دارد.

شاخص های کاربری مختلفی برای توصیف انواع پوشش های زمین استفاده می شود. به عنوان مثال، NDVI برای ارزیابی پوشش گیاهی، NDBI برای اراضی ساخته شده و MNDWI برای رطوبت خاک مورد استفاده قرار می گیرند (عمران و همکاران^۱ ۲۰۲۱: ۶۷۲). در این تحقیق، تمامی این شاخص ها برای بررسی تغییرات فصلی مورد بررسی قرار گرفتند. شناسایی تغییرات LULC و LST، تجزیه و تحلیل فصلی و تعیین پاسخ LST به شاخص های مختلف کاربری زمین دارای ارزش کاربردی و تحقیقاتی فراوانی می باشد. تحقیق حاضر برای تجزیه و تحلیل روند LULC و LST و همچنین توزیع فصلی و فضایی NDVI، MNDWI، LST، LULC و NDBI از سال ۱۳۹۲ تا ۱۴۰۱ در گردهن حیران طراحی شده است. علاوه بر این توزیع و پاسخ های تغییر فصلی LST به تمام شاخص های کاربری زمین مورد تجزیه و تحلیل آماری قرار گرفت. نتایج پژوهش حاضر می تواند مرجع و راهنمایی علمی برای برنامه ریزان و سیاست گذاران شهری برای اتخاذ تدابیری موثر در برنامه ریزی توسعه شهری باشد.

¹ Imran et al

مواد و روش

منطقه مورد مطالعه با وسعتی معادل ۱۵۶/۹۵ کیلومتر مربع در محدوده جغرافیایی ۴۸ درجه و ۳۶ ثانیه تا ۴۸ درجه و ۵۰ دقیقه طول شرقی و ۳۸ درجه و ۲۰ دقیقه تا ۳۸ درجه و ۲۵ دقیقه عرض شمالی در محدوده بین استان های اردبیل و گیلان در گردنه حیران واقع شده است. قرارگیری این منطقه در جوار دریای خزر باعث ورود منابع رطوبتی این دریا و سیکلون های وارد شده از این سمت گردیده و بارندگی قابل توجهی را در حدود ۶۰۰ میلیمتر در برداشته است. ارتفاع این منطقه در حدود ۱۷۰۰ متر بوده و ادامه بخش غربی رشته کوه البرز به شمار می آید. لذا جزو کوه های جوان آلپ و هیمالیا به شمار آمده و ارتفاع یافتن آن در فاز کوهزایی لارامید آغاز گردیده و تا پلیستوسن و فاز کوهزایی پاسادین همچنان ادامه دارد. عمده سازندهای زمین شناسی آن متشکل از آهک های کرتاسه می باشد. پوشش جنگلی در این منطقه غنی بوده و جزو جنگل های هیرکانی به شمار می رود.



شکل (۱): موقعیت منطقه مورد مطالعه در گردنه حیران
Figure (1): Location of the studied area in Heyran Defile

برای ارزیابی تنوع فصلی بین بهار و پاییز، تصاویر لندست ۸ برای تجزیه و تحلیل تغییرات مکانی و زمانی جمع آوری شد. تصاویر فوق مطابق جدول ۱ دانلود گردید. تصاویر ماهواره ای فوق شامل ۴۸ تصویر از سالهای ۲۰۱۳، ۲۰۱۸ و ۲۰۲۳ بوده و ماه های ژوئن و نوامبر را در بر می گیرد. برای هر ماه ۸ باند شامل باندهای ۱، ۲، ۳، ۴، ۵، ۶، ۷ و ۱۰ دانلود گردید. برای پردازش و تجزیه و تحلیل داده های به دست آمده سنجنش از دور، از نرم افزار Arc GIS استفاده شد. از این تصاویر برای استخراج LST و LULC بهره گرفته شد. علت استفاده از داده های سال های ۱۳۹۲، ۱۳۹۷ و ۱۴۰۱، شروع به تصویربرداری ماهواره لندست ۸ در سال ۲۰۱۳ و دسترسی به این تصاویر در سایت سازمان زمین شناسی آمریکا بوده است.

جدول (۱): جزئیات تصاویر استفاده شده لندست ۸ در منطقه مورد مطالعه

Table (1): Details of Landsat 8 images used in the study area

ردیف	گذر	تاریخ تصاویر	فصل	سال
۰۳۴	۱۶۶	۲۰۱۳/۰۵/۲۵	بهار (ژوئن)	۲۰۱۳ (۱۳۹۲ شمسی)
۰۳۴	۱۶۶	۲۰۱۳/۱۰/۱۶	پاییز (نوامبر)	
۰۳۴	۱۶۶	۲۰۱۸/۰۶/۲۴	بهار (ژوئن)	۲۰۱۸ (۱۳۹۷ شمسی)
۰۳۴	۱۶۶	۲۰۱۸/۱۰/۳۰	پاییز (نوامبر)	
۰۳۴	۱۶۶	۲۰۲۲/۰۶/۰۳	بهار (ژوئن)	۲۰۲۲ (۱۴۰۱ شمسی)
۰۳۴	۱۶۶	۲۰۲۲/۱۱/۱۸	پاییز (نوامبر)	

یک تصویر لندست ۸ کل منطقه مورد مطالعه را پوشش می دهد. بنابراین هیچ تکنیک پیش پردازشی روی تصویر لندست ۸ انجام نشده است. تمام باندهای مورد نیاز برای تولید برخی از نقشه ها با یکدیگر ترکیب می شوند. برای تبدیل مقادیر DN یا ارزش عددی هر پیکسل در مقادیر درخشندگی، مقادیر بایاس باندهای مختلف در نظر گرفته می شود. در این بخش خطاهای رادیومتری تصحیح شده و داده های DN به سطوح بازتابی تبدیل می شوند (زانگ و همکاران، ۲۰۱۶: ۷، دار و همکاران^۱، ۲۰۱۹: ۳۳۶، مایتانی و همکاران^۲، ۲۰۲۰: ۱۳۰۱).

$$L_{\lambda} = gain(Qcal) + bias \quad (1)$$

در این معادله L_{λ} سنجنده تابش طیفی، Qcal مقادیر پیکسلی کالیبره شده بوده و gain و bias فاکتورهای درجه بندی شده باند ویژه می باشند. مقادیر تابشی نیز به وسیله معادله زیر به مقادیر بازتابی تبدیل شدند.

$$P_{\lambda} = \frac{L_{\lambda} \cdot \pi \cdot d^2}{E_{sun} \cdot \sin \theta_E} \quad (2)$$

در این معادله P_{λ} مقادیر بازتابی TOA بوده و d نشان دهنده فاصله زمین تا خورشید بر حسب واحد نجومی در روز عکسبرداری بوده و Esun میانگین تابش اتمسفری خورشیدی می باشد. همچنین θ_E زاویه ارتفاع خورشید بر حسب درجه را نمایش می دهد (آدیاری و همکاران^۳، ۲۰۱۷: ۶۲).

برای طبقه بندی تصاویر و نمایش طبقات مختلف پوشش زمین از تصاویر لندست ۸ استفاده شد (احمد و همکاران^۴، ۲۰۱۳: ۵۹۷۴). باندهای مورد نیاز برای طبقه بندی LULC با یکدیگر ترکیب شدند. در تصاویر لندست ۸ از باندهای ۱ تا ۷ به این منظور استفاده می شود. برای تعیین نوع LULC از ماشین بردار پشتیبانی (SVM) در محیط نرم افزار Arc GIS استفاده شد (جورجیانا و اوریتسکو^۵، ۲۰۱۹: ۱۲۰). ترکیب باندها در قسمت data management tools, raster processing و composite bands صورت گرفت. تصویر تولید شده در بخش classification آموزش داده شده و در بخش segmentation and classification با سیستم ماشین بردار پشتیبانی یا گزینه

¹ Dhar et al³ Adeyeri et al⁵ Georgiana & Urişescu² Maithani et al⁴ Ahmed et al

train support vector machine classifier پردازش گردید. برای تشخیص تغییر در الگوی پوشش زمین، منطقه به سه دسته مختلف تقسیم شد. برای بررسی نقش عوامل مختلف در دمای سطح زمین از شاخص های NDVI، NDBI و MNDWI استفاده شد. به این منظور ۱۵۷۸ نقطه انتخاب گردید.

شاخص NDBI منطقه ساخت و ساز شده را با انجام فرایندی بین بخش تابش انکساری مادون قرمز نزدیک و مادون قرمز موج کوتاه محاسبه می کند (زانگ و همکاران، ۲۰۱۳: ۱۴۲).

$$NDBI = \frac{(SWIR-NIR)}{(SWIR+NIR)} \quad (3)$$

مقادیر این شاخص بین +۱ و -۱ قرار دارد. بیشترین مقادیر نشان دهنده نواحی ساخت و ساز شده و کمترین مناطق معرف نواحی ساخت و ساز نشده، نواحی روستایی و نواحی توسعه نیافته می باشد (کافی و همکاران، ۲۰۲۱: ۷۴). شاخص NDWI شاخصی است که به تغییرات رطوبت برگ درخت پاسخ می دهد (داس و همکاران^۱، ۲۰۲۱: ۱۳۶). این شاخص با معادله زیر محاسبه می گردد:

$$NDWI = \frac{(Green-NIR)}{(Green+NIR)} \quad (4)$$

به جای این شاخص از مقادیر اصلاح شده آن یا MNDWI استفاده شد. در این شاخص برای بهبود ویژگی های آب از مقادیر پیکسل باند سبز و مادون قرمز موج کوتاه بهره گرفته می شود. این شاخص برخی از ویژگی های مناطق ساخت و ساز شده را که با شاخص آب دارای تداخلاتی هستند کاهش می دهد. این شاخص نیز در محدوده بین +۱ و -۱ قرار داشته و از معادله زیر به دست می آید.

$$MNDWI = \frac{(Green-SWIR)}{(Green+SWIR)} \quad (5)$$

شاخص ndvi نیز معرف شاخص تفاوت نرمال شده پوشش گیاهی می باشد. مقادیر پیکسلی باند ۵ و ۴ در ماهواره لندست ۸ برای محاسبه شاخص NDVI به کار گرفته می شود. معادله فوق به صورت زیر می باشد:

$$NDVI = \frac{(NIR-RED)}{(NIR+RED)} \quad (6)$$

مقادیر این شاخص بین -۱ و +۱ قرار دارد. مناطق کمتر معرف نواحی سنگلاخی، نواحی ساخت و ساز شده و توسعه یافته می باشد. بررسی دمای سطح زمین برای درک چرخه انرژی و تبادل آب با محیط امری حیاتی می باشد. تجزیه و تحلیل LST با استفاده از داده های حرارتی ماهواره ای مستلزم روش های مختلفی از جمله تراز رادیومتری سنجنده، تصحیح بازتاب سطح و هوا و تغییرات LULC می باشد. برای محاسبه LST از باند ۱۰ ماهواره لندست ۸ استفاده می شود. مراحل محاسبه LST بر اساس روش تاکور و همکاران (۲۰۲۰) و کافی و همکاران (۲۰۲۱) در زیر شرح داده شده است. به این منظور در ابتدا مقادیر تابش طیفی در بالای اتمسفر محاسبه می گردد. معادله زیر برای این منظور در نظر گرفته شده است.

¹ Das et al

$$L\lambda = AL + ML * Qcal \quad (7)$$

در این معادله $L\lambda$ تابش طیفی در بالای اتمسفر، ML فاکتور درجه بندی شده ترکیبی تابشی برای باند ۱۰ و $Qcal$ تعداد دیجیتالی باند ۱۰ می باشد. سپس مقادیر تابش طیفی $L\lambda$ به مقادیر درجه روشنایی ماهواره (TB) تبدیل می گردد.

$$TB = \frac{\sum(K2)}{\left(\ln\left(\frac{K1}{L\lambda+1}\right)\right)} \quad (8)$$

در این معادله TB درجه روشنایی بوده و $K1$ و $K2$ ضریب حرارتی ثابت برای باند ۱۰ می باشد. نسبت پوشش گیاهی (PV) و انتشار سطحی (E) نیز بر اساس معادلات زیر محاسبه می شود.

$$PV = \left[\frac{(NDVI - NDVI_{min})}{(NDVI_{max} - NDVI_{min})} \right]^2 \quad (9)$$

$$E = (0.004 \cdot PV) + 0.986 \quad (10)$$

در نهایت، مقادیر درجه روشنایی به مقادیر LST تبدیل می گردد:

$$LST = \left[\frac{TB}{1 + \left(\frac{\lambda \cdot TB}{a}\right) \ln E} \right] \quad (11)$$

در این معادله λ طول موج تابش ساطع شده، a ضریب ثابت ۱۴۳۸۸ برای ماهواره لندست ۸، h ضریب ثابت پلانک، c سرعت نور و k ضریب بولتزمن می باشد.

برای تعیین ارتباط متقابل بین دو متغیر مختلف، تحلیل همبستگی به کار برده می شود (اوبیلور و آمادی^۱، ۲۰۱۸: ۱۶، سدویچ^۲، ۲۰۱۴: ۲۷). بنابراین برای ارزیابی رابطه بین شاخص های کاربری اراضی و LST مدل رگرسیون خطی و ضریب همبستگی پیرسون محاسبه شد. برای این منظور از نرم افزار Origin 8 استفاده شد. ضریب همبستگی پیرسون برای فصول و سال های مورد نظر محاسبه گردید.

$$Pr = \frac{\sum(x_i - \bar{x})(y_i - \bar{y})}{\sqrt{\sum(x_i - \bar{x})^2 \cdot \sum(y_i - \bar{y})^2}} \quad (12)$$

یافته ها و بحث

در این تحقیق در بازه های زمانی ۱۳۹۲، ۱۳۹۷ و ۱۴۰۱ به بررسی تغییرات کاربری اراضی پرداخته شده است. نتایج طبقه بندی کاربری ها با استفاده از مدل SVM در شکل ۲ و ۳ ارائه شده است. وسعت هر یک از طبقات LULC نیز برای هر دو فصل بهار و پاییز و تغییرات آن در جدول ۲ نمایش داده شد.

¹ Obilor & Amadi

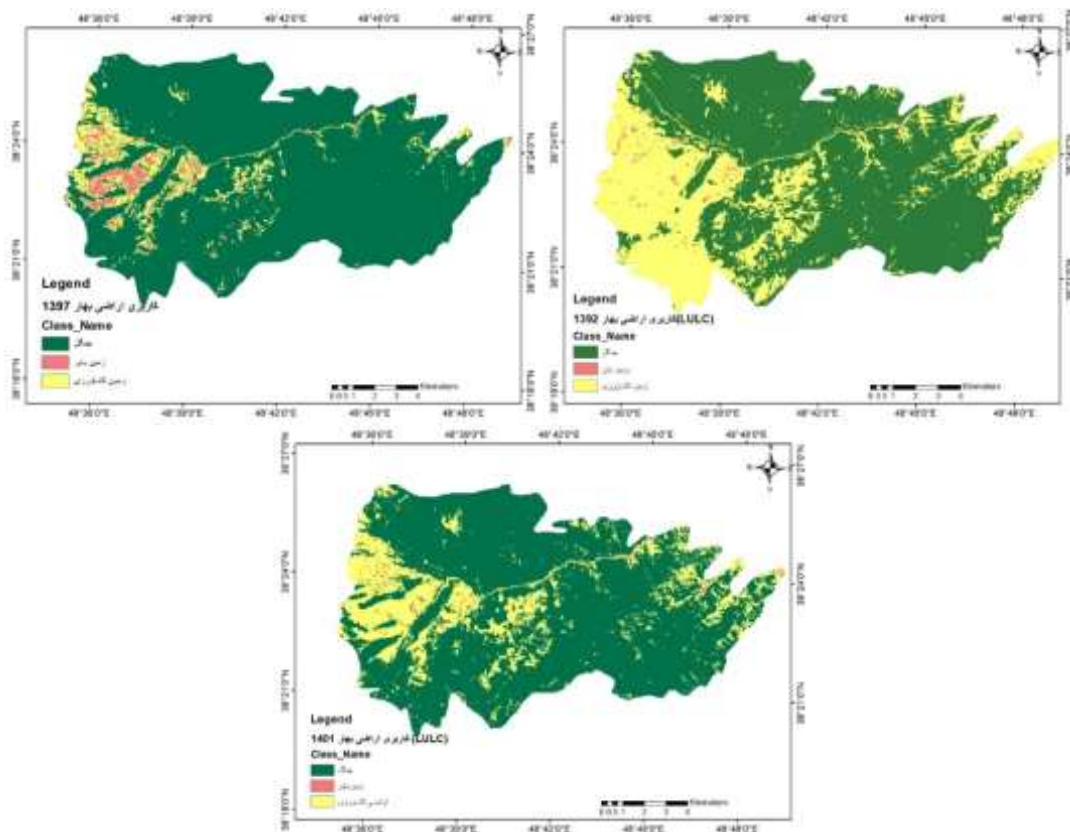
² Sedgwick

جدول (۲): وسعت کاربری اراضی در بازه های زمانی ۱۳۹۲ تا ۱۴۰۱ (۲۰۲۲ تا ۲۰۱۳) بر حسب کیلومتر مربع

Table (2): The extent of land use in the time periods of 1392 to 1401 (2013 to 2022) in terms of square kilometers

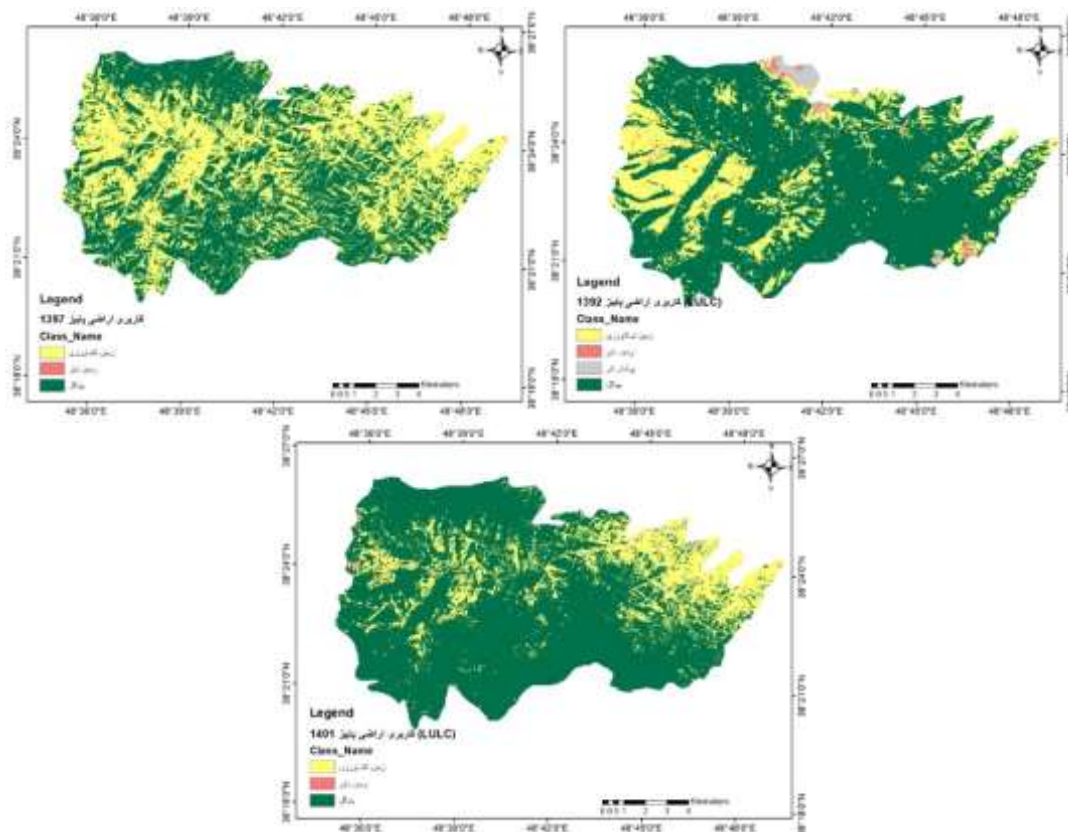
تغییر از ۱۳۹۲ تا ۱۴۰۱		۱۴۰۱		۱۳۹۷		۱۳۹۲		نوع کاربری
بهار	پاییز	بهار	پاییز	بهار	پاییز	بهار	پاییز	
+۲۱	+۶/۹	۱۲۲/۷	۱۲۱/۴	۱۳۷	۸۲	۱۰۱/۸	۱۱۴/۵	جنگل
-۲۰/۹	-۴/۹	۳۳/۲	۳۴/۱	۱۵/۳	۷۵	۵۴/۱	۳۹	زمین کشاورزی
۰	-۱	۱	۱	۴/۷	۰/۳	۱	۲	زمین بایر

تحلیل LULC نشان می دهد که در سال ۱۴۰۱ سطح جنگل در بهار و پاییز به ترتیب ۷۷/۳ و ۷۸/۱ درصد سطح زمین را پوشش داده اند. در جایگاه دوم زمین های کشاورزی در بهار و پاییز به ترتیب ۲۱/۷ و ۲۱/۱۵ درصد مساحت منطقه را به خود اختصاص دادند. زمین های بایر کمترین میزان را در بهار و پاییز به خود اختصاص داده است (۰/۶۳ درصد).



شکل (۲): کاربری اراضی در فصل بهار برای سال های ۱۳۹۲، ۱۳۹۷ و ۱۴۰۱

Figure (2): land use in spring for the years 2013, 2018 and 2022



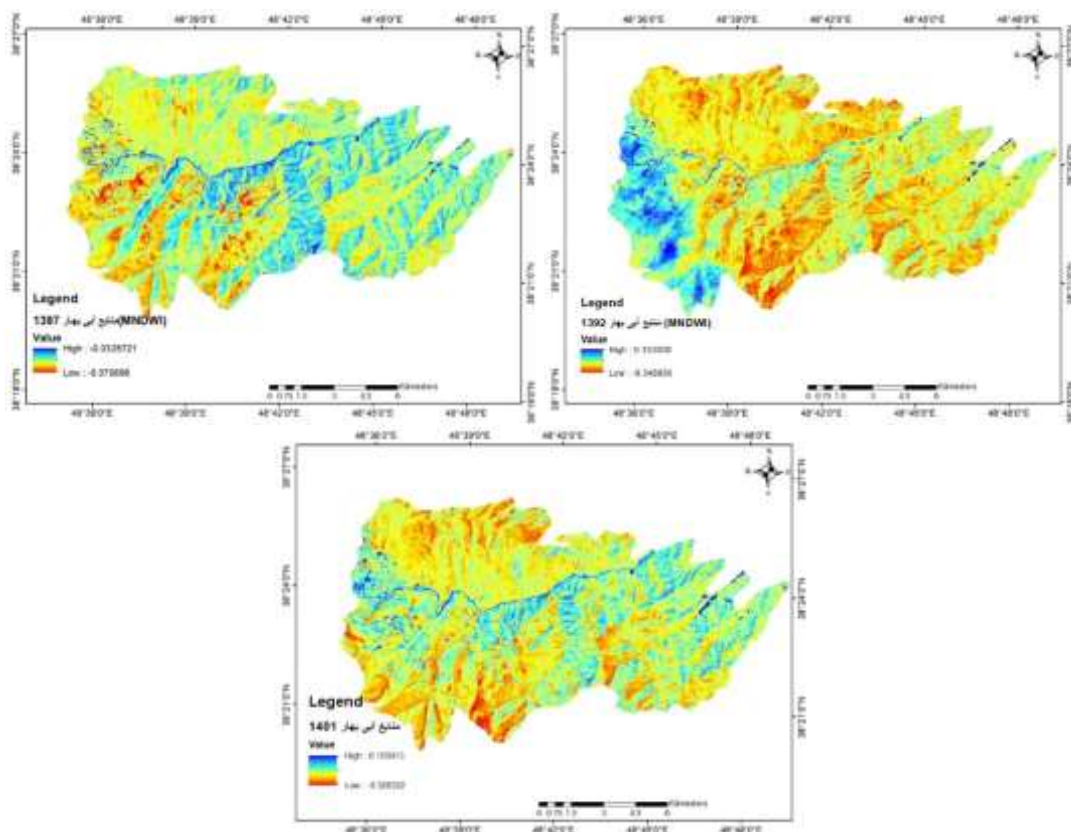
شکل (۳): کاربری اراضی در فصل پاییز برای سال های ۱۳۹۷، ۱۳۹۲ و ۱۴۰۱
 Figure (3): land use in autumn for the years 2013, 2018 and 2022

برای فصل بهار وضعیت مناطق ساخت و ساز شده، رطوبت خاک و پوشش گیاهی در منطقه مورد مطالعه به ترتیب با استفاده از شاخص های NDVI، MNDWI و NDBI اندازه گیری شد. نتایج این شاخص ها در شکل های ۴، ۵ و ۶ ارائه شده است. محدوده ارزشی هر شاخص به طبقاتی تقسیم شده و مساحت هر گروه در جداول مربوطه ارائه شده است.

در وضعیت شاخص منابع آبی و رطوبتی مشاهده می شود که غنی ترین منابع آبی مربوط به بهار ۱۳۹۲ حدود ۷/۷ کیلومتر از منطقه را پوشانده است. این میزان در بهار سال ۱۳۹۷ به ۱۲/۲۷ کیلومتر مربع رسیده و سپس در سال ۱۴۰۱ با کاهش شدیدی مواجه شده و به ۱/۶۸ کیلومتر مربع رسیده است. سال ۱۳۹۷ از نظر منابع آبی نسبت به سال ۱۳۹۲ و ۱۴۰۱ در شرایط بهتری بوده است. وسعت هر یک از منابع آبی در جدول زیر نمایش داده شده است.

جدول (۳): مساحت شاخص MNDWI در بهار سال های ۱۳۹۷، ۱۳۹۲ و ۱۴۰۱ بر حسب کیلومتر مربع
 Table (3): MNDWI index area in the spring of 2023, 2018 and 2022 in terms of square kilometers

بهار ۱۴۰۱	بهار ۱۳۹۷	بهار ۱۳۹۲	مقادیر شاخص
۱/۶۸	۱۲/۲۷	۷/۷	۰/۱۳ - -۰/۱۵
۲۲/۵	۳۶	۲۴	-۰/۱۵ - -۰/۱۹
۴۷/۳	۶۰	۴۱/۶	-۰/۱۹ - -۰/۲۲
۵۵/۲	۴۸/۴	۵۴/۷	-۰/۲۲ - -۰/۲۵
۳۰/۱	۰/۰۵	۲۸/۸	-۰/۲۵ - -۰/۳۴



شکل (۴): وضعیت شاخص MNDWI در فصل بهار برای سال های ۱۳۹۲، ۱۳۹۷ و ۱۴۰۱

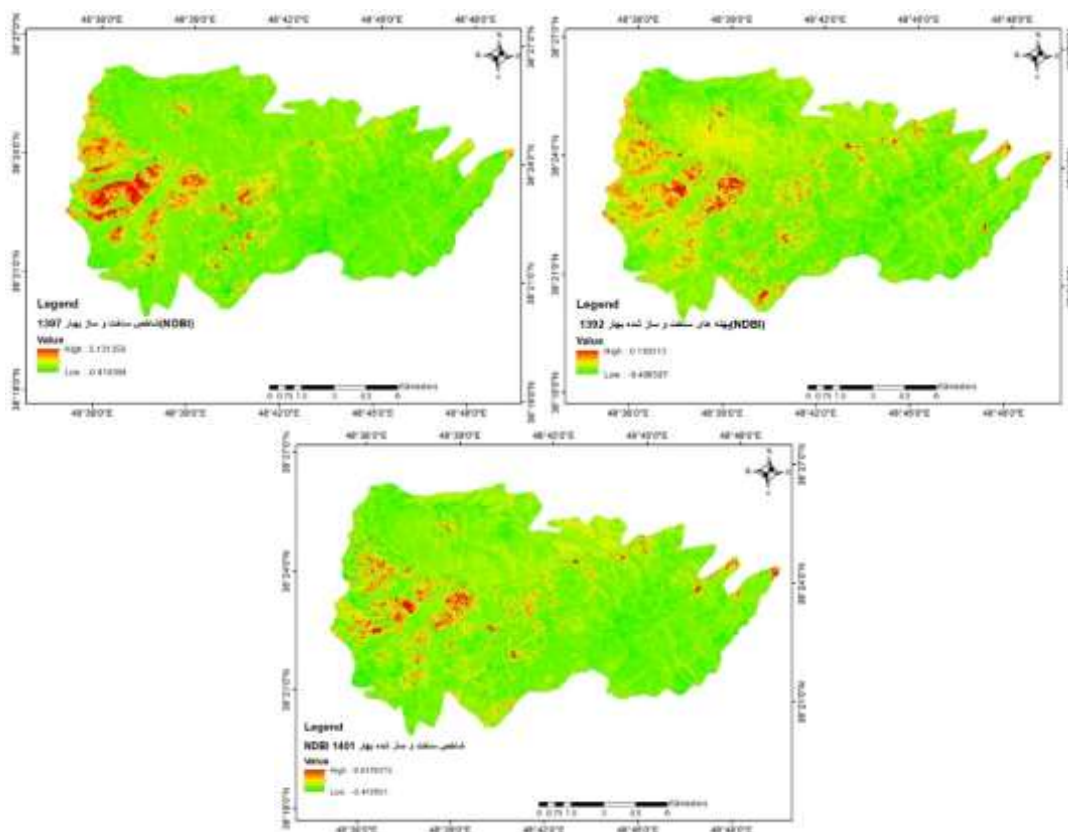
Figure (4): Status of MNDWI index in spring for the years 2013, 2018 and 2022

در شاخص پهنه های ساخت و ساز شده مشاهده می شود که در سال ۱۳۹۲ پهنه های ساخته شده ۲/۶ کیلومتر مربع را پوشش داده و در سال ۱۳۹۷ به ۴/۵ کیلومتر مربع افزایش یافته و گسترش قابل توجهی را نشان می دهد لیکن در سال ۱۴۰۱ این پهنه ها به شکل قابل توجهی کاهش یافته و به ۱/۶ کیلومتر مربع رسیده است. مقادیر این شاخص در جدول زیر نمایش داده شد.

جدول (۴): مساحت شاخص NDBI در بهار سال های ۱۳۹۲، ۱۳۹۷ و ۱۴۰۱ بر حسب کیلومتر مربع

Table (4): NDBI index area in the spring of 2013, 2018 and 2022 in terms of square kilometers

مقادیر شاخص	بهار ۱۳۹۲	بهار ۱۳۹۷	بهار ۱۴۰۱
-۰/۴ - -۰/۳	۰/۰۱	۰/۰۱	۰/۰۰۳
-۰/۳ - -۰/۲	۵۸/۶	۳۸/۳	۷۴/۸
-۰/۲ - -۰/۱	۸۱/۸	۹۴/۷	۷۲/۳
-۰/۱ - ۰	۱۳/۸	۱۹/۴	۸/۲
۰ - ۲	۲/۶	۴/۵	۱/۶



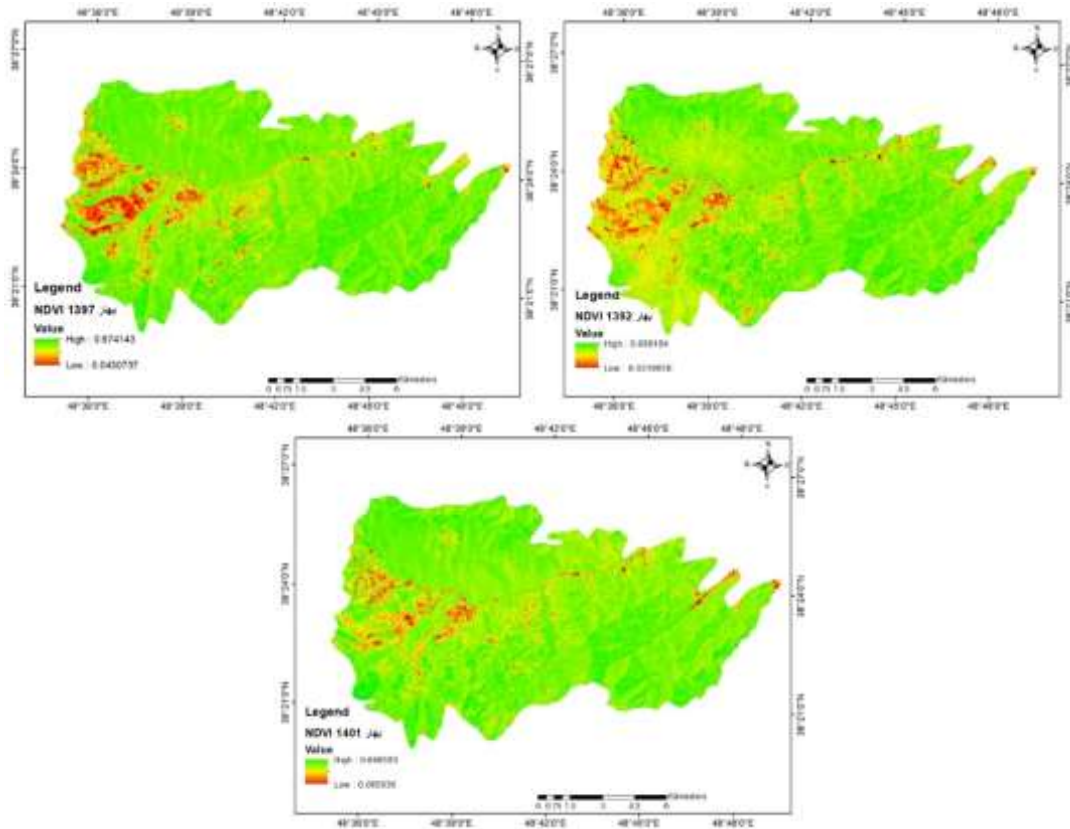
شکل (۵): وضعیت شاخص NDVI در فصل بهار برای سال های ۱۳۹۲، ۱۳۹۷ و ۱۴۰۱
 Figure (5): NDVI index status in spring for the years 2013, 2018 and 2022

در شاخص NDVI مشاهده می شود که غنی ترین پوشش گیاهی در بهار سال ۱۳۹۲ پهنه ای معادل ۱۴/۷ کیلومتر مربع را پوشش می داده است. این میزان در سال ۱۳۹۷ به ۶/۶ کیلومتر مربع رسیده و در سال ۱۴۰۱ حدود ۶/۴ کیلومتر مربع را پوشش داده و این امر کاهش قابل توجهی را در سطح پوشش گیاهی نشان می دهد. در مقابل سطوح غنی تر به سطوحی با پوشش کمتر تبدیل شده و از ۱۰۴/۹ کیلومتر مربع به ۱۲۵/۳ کیلومتر مربع رسیده اند. مقادیر فوق در جدول زیر نشان داده شده است.

جدول (۵): مساحت شاخص NDVI در بهار سال های ۱۳۹۲، ۱۳۹۷ و ۱۴۰۱ بر حسب کیلومتر مربع

Table (5): NDVI index area in the spring of 2013, 2018 and 2022 in terms of square kilometers

بهار ۱۴۰۱	بهار ۱۳۹۷	بهار ۱۳۹۲	مقادیر شاخص
۱/۶	۸	۰/۲۸	۰/۰۳ - ۰/۳
۵/۱	۸	۸/۸۸	۰/۳ - ۰/۴
۱۸/۴	۲۱/۲	۲۵/۴۷	۰/۴ - ۰/۵
۱۲۵/۳	۱۱۳	۱۰۴/۹	۰/۵ - ۰/۶
۶/۴	۶/۶	۱۴/۷	۰/۶ - ۰/۷

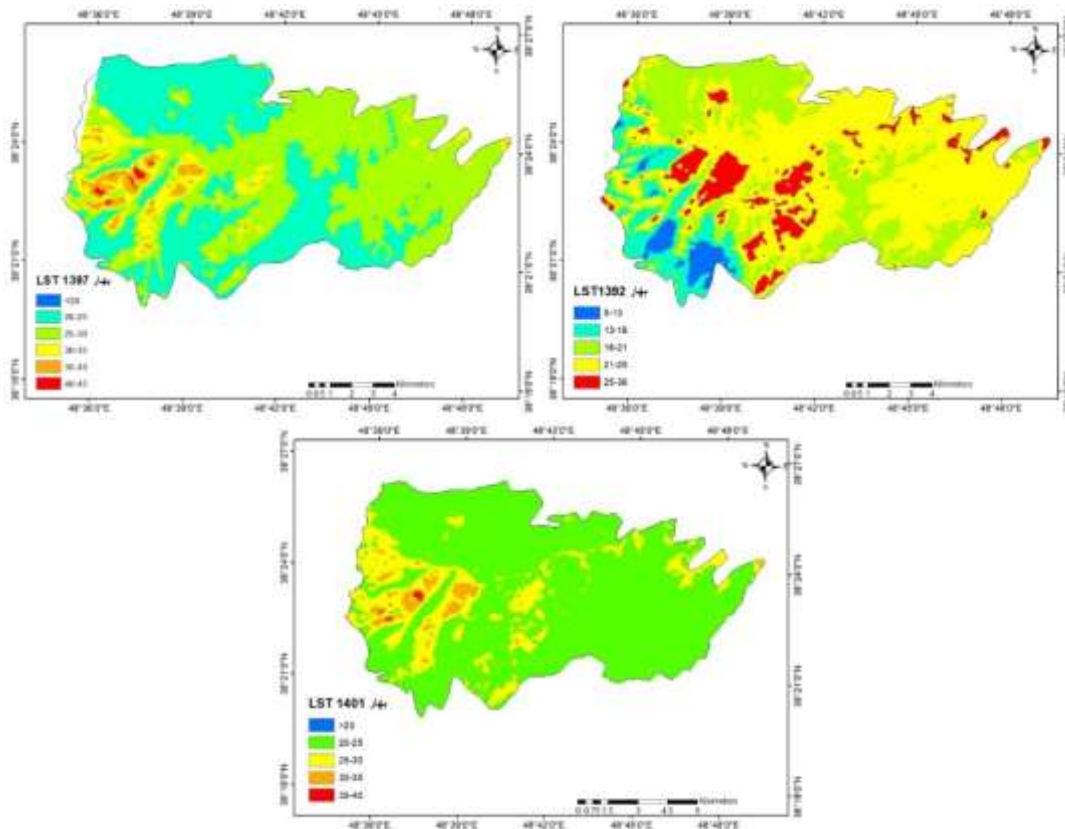


شکل (۶): وضعیت شاخص NDVI در فصل بهار برای سال های ۱۳۹۲، ۱۳۹۷ و ۱۴۰۱

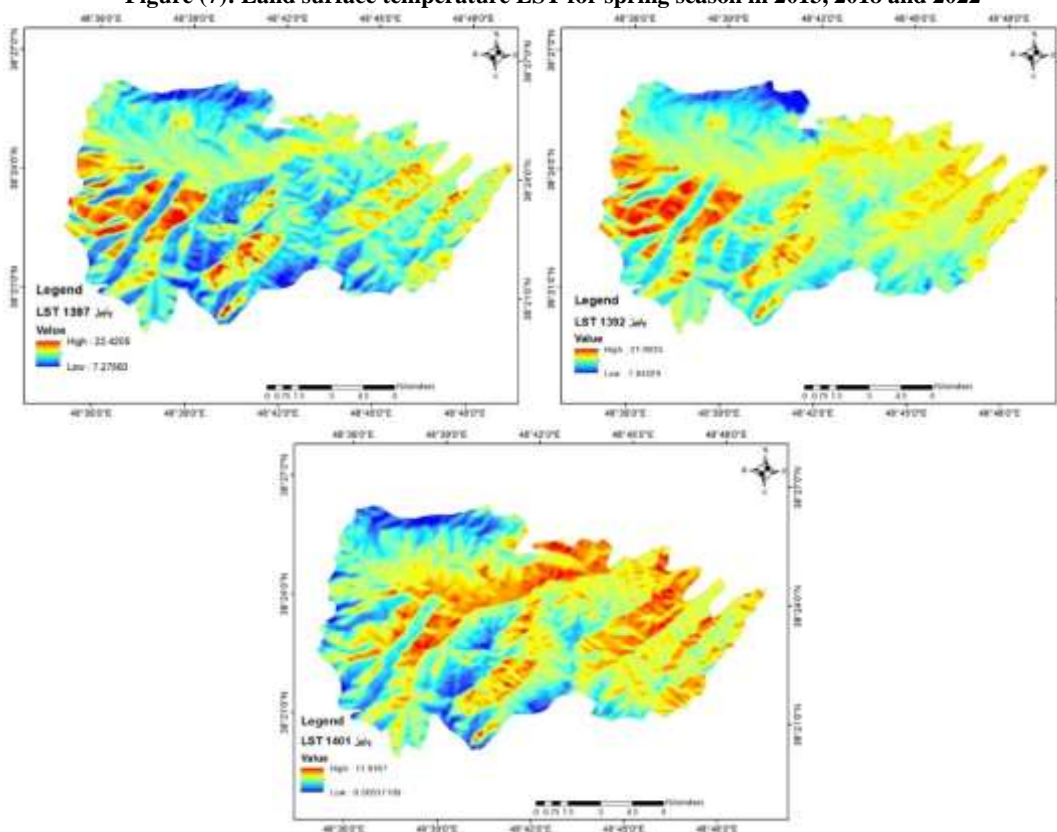
Figure (6): NDVI index status in spring for the years 2013, 2018 and 2022

شکل ۷ و ۸ تغییرات فصلی LST بهار و پاییز را در طی سال های ۱۳۹۲ تا ۱۴۰۱ نشان می دهد. جدول ۶ نشان دهنده مقادیر متفاوت LST در طول دوره مورد مطالعه می باشد.

بررسی ها نشان می دهد که مناطقی با دمای کمتر از ۲۰ درجه به سرعت با کاهش مواجه شده و از ۱۸/۲ کیلومتر مربع در سال ۱۳۹۲ به ۰/۰۱ کیلومتر مربع در سال ۱۴۰۱ رسیده که نشان دهنده افزایش دما در منطقه بوده است. در واقع بیشترین پهنه در بهار ۱۴۰۱ مربوط به دامنه دمایی ۲۰ تا ۲۵ درجه سانتیگراد بوده است. در مقابل، پهنه های برخوردار از دماهای بین ۳۵ تا ۴۰ درجه سانتیگراد از ۴/۷ کیلومتر مربع در سال ۱۳۹۷ به ۰/۲۱ کیلومتر مربع رسیده که کاهش قابل توجهی را در این محدوده به نمایش می گذارد. بر این اساس می توان چنین استدلال کرد که دما در منطقه با شیب ملایمی در حال افزایش بوده و این افزایش در محدوده دمایی ۲۰ تا ۲۵ درجه مشاهده می گردد.



شکل (۷): وضعیت دمای سطح زمین LST برای فصل بهار در بازه زمانی ۱۳۹۲، ۱۳۹۷ و ۱۴۰۱
 Figure (7): Land surface temperature LST for spring season in 2013, 2018 and 2022



شکل (۸): وضعیت دمای سطح زمین LST برای فصل پاییز در بازه زمانی ۱۳۹۲، ۱۳۹۷ و ۱۴۰۱
 Figure (8): Land surface temperature LST for the autumn season in the period of 2013, 2018 and 2022

جدول (۶): مساحت شاخص LST در بهار سال های ۱۳۹۲، ۱۳۹۷ و ۱۴۰۱ بر حسب کیلومتر مربع
 Table (6): Area of LST index in the spring of 2013, 2018 and 2022 in terms of square kilometers

بهار ۱۴۰۱	بهار ۱۳۹۷	بهار ۱۳۹۲	مقادیر درجه حرارت
۰/۰۱	۰/۰۰۵	۰/۰۶	کمتر از ۲۰
۱۲۴	۶۳	۶۷/۹	۲۰-۲۵
۲۸/۵	۷۵	۸۲	۲۵-۳۰
۴/۲	۱۲/۷	۱۳	۳۰-۳۵
۰/۲۱	۴/۷	۷	۳۵-۴۰

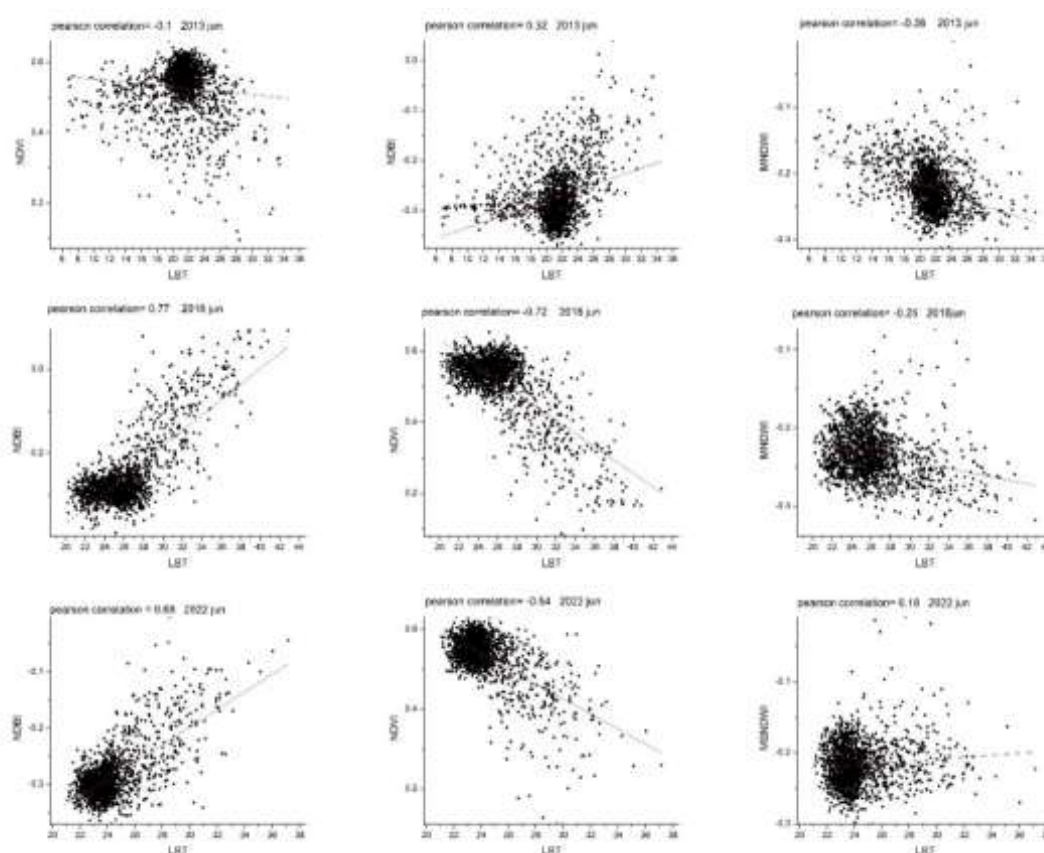
در این بخش، ارتباط بین شاخص های LST و شاخص های کاربری زمین با استفاده از رگرسیون خطی و مدل همبستگی پیرسون ارزیابی شد. شکل ۹ و ۱۰ به ترتیب نتایج تحلیل رگرسیون را برای فصل بهار و پاییز نشان می دهد. از بین شاخص های کاربری زمین، شاخص MNDWI و NDVI همبستگی منفی و NDBI همبستگی مثبت را نشان دادند. همچنین شاخص NDVI حداکثر همبستگی را در بین دو فصل به نمایش گذاشته است. البته همبستگی بین NDVI و LST تنها در فصل بهار منفی می باشد. این میزان در فصل پاییز به شکل قابل توجهی همبستگی مثبت را نشان می دهد. در بین شاخص های فوق تنها شاخص NDVI از چنین رفتاری برخوردار است. مقادیر ضریب همبستگی پیرسون برای شاخص LST و NDVI در سال های ۱۳۹۲، ۱۳۹۷ و ۱۴۰۱ و در فصل بهار به ترتیب مقادیر ۰/۱-، ۰/۷۲- و ۰/۶۴- را نشان می دهد. در فصل پاییز NDVI رفتار کاملاً متفاوتی را نشان می دهد. به این صورت که همبستگی بین این شاخص ها از منفی به مثبت تغییر پیدا می کند. در همبستگی بین شاخص MNDWI و LST مشاهده می شود که در دو فصل بهار و پاییز بین این دو شاخص همبستگی منفی برقرار است لیکن میزان همبستگی در فصل پاییز قابل توجه تر می باشد. مقادیر ضریب همبستگی پیرسون ۰/۳۶-، ۰/۲۵- و ۰/۱۸- نشان دهنده همبستگی منفی بین LST و شاخص MNDWI در طول فصل بهار می باشد. در فصل پاییز و در سال های ۱۳۹۲، ۱۳۹۷ و ۱۴۰۱ این میزان به ۰/۵۴-، ۰/۷۱- و ۰/۴۷- می رسد. در طول فصل بهار بین شاخص LST و NDBI همبستگی مثبتی برقرار بوده و برای سال های ۱۳۹۲، ۱۳۹۷ و ۱۴۰۱ به ترتیب معادل ۰/۳۲، ۰/۷۷ و ۰/۶۸ بوده است.

جدول (۷): مقادیر R² و ضریب همبستگی پیرسون بین LST و شاخص های مورد استفاده برای فصل بهار سال های ۱۳۹۲، ۱۳۹۷ و ۱۴۰۱
 Table (7): R² values and Pearson's correlation coefficient between LST and the indices used for the spring season of 2013, 2018 and 2022

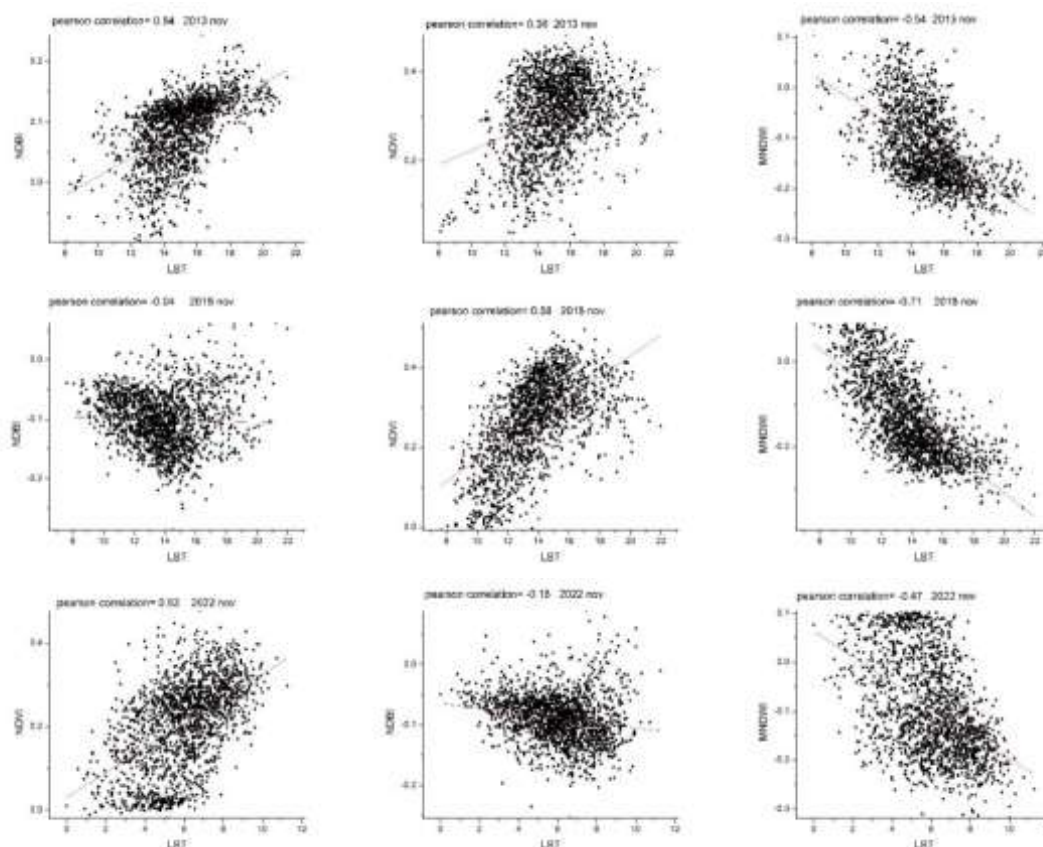
۱۴۰۱		۱۳۹۷		۱۳۹۲		شاخص
ضریب پیرسون	R ²	ضریب پیرسون	R ²	ضریب پیرسون	R ²	
۰/۱۸	۰/۰۱	-۰/۲۵	۰/۰۶	-۰/۳۶	۰/۱۳	MNDWI و LST
-۰/۶۴	۰/۴۱	-۰/۷۲	۰/۵۲	-۰/۱	۰/۰۱	NDVI و LST
۰/۶۸	۰/۴۶	۰/۷۷	۰/۵۹	۰/۳۲	۰/۱	NDBI و LST

جدول (۸): مقادیر R² و ضریب همبستگی پیرسون بین LST و شاخص های مورد استفاده برای فصل پاییز سال های ۱۳۹۲، ۱۳۹۷ و ۱۴۰۱
 Table (8): R² values and Pearson's correlation coefficient between LST and the indices used for the autumn season of 2013, 2018 and 2022

۱۴۰۱		۱۳۹۷		۱۳۹۲		شاخص
ضریب پیرسون	R ²	ضریب پیرسون	R ²	ضریب پیرسون	R ²	
-۰/۴۷	۰/۲۲	-۰/۷۱	۰/۵	-۰/۵۴	۰/۲۹	MNDWI و LST
۰/۵۲	۰/۲۷	۰/۵۸	۰/۳۴	۰/۳۶	۰/۱۲	NDVI و LST
-۰/۱۸	۰/۰۳	-۰/۰۴	۰/۰۱	۰/۵۴	۰/۳۰	NDBI و LST



شکل (۹): نمودار پراکنش بین شاخص های NDVI، NDBI و MNDWI با شاخص LST در فصل بهار ۱۳۹۲، ۱۳۹۷ و ۱۴۰۱
 Figure (9): Scatter diagram between NDVI, NDBI and MNDWI indices with LST index in the spring of 2013, 2018 and 2022



شکل (۱۰): نمودار پراکنش بین شاخص های NDVI، NDBI و MNDWI با شاخص LST در فصل پاییز ۱۳۹۲، ۱۳۹۷ و ۱۴۰۱
 Figure (10): Scatter diagram between NDVI, NDBI and MNDWI indices with LST index in the autumn season of 2013, 2018 and 2022

تحقیقات پیشین تاثیر منفی آب و پوشش گیاهی را بر روی دمای سطح زمین به اثبات رساندند (زی و همکاران، ۲۰۲۰: ۲۶). تبدیل زمین های زراعی و پوشش های گیاهی به زمین های بایر باعث کاهش ظرفیت جذب حرارتی خاک شده و بنابراین دمای سطح زمین افزایش می یابد. به عبارتی دیگر افزایش نواحی ساخت و ساز شده به طور معنی داری شاخص LST را با افزایش مواجه می سازد. این امر در روابط بین NDBI و LST بازتاب یافته است. مقادیر R2 بین هر دو فصل در شاخص های NDBI و LST روابط معنی دار مثبتی را نشان می دهد.

بحث و نتیجه گیری

افزایش ساخت و ساز و کاهش پوشش گیاهی یکی از مهمترین عوامل در افزایش LST به شمار می رود. آگاهی از تغییرات LST و LULC به صورت فصلی این قابلیت را دارد که برای کاهش نقاط حساس دمایی و اطمینان از تعادل اکولوژیکی در محیط زیست مورد استفاده قرار گیرد. این تحقیق تاثیرات پویایی فصلی شاخص های کاربری زمین را بر روی شاخص LST در بازه زمانی ۱۳۹۲ تا ۱۴۰۱ مورد بررسی قرار داده است. برای محاسبه تغییرات مکانی و فصلی LULC و LST در منطقه حیران از سه شاخص NDVI، MNDWI و NDBI استفاده گردید. مساحت منطقه مورد مطالعه ۱۵۶/۹۵ کیلومتر مربع بوده که از این میزان در سال ۱۴۰۱، حدود ۱۲۲/۷ کیلومتر مربع اختصاص به پهنه جنگلی داشته و تنها ۳۳/۲ کیلومتر مربع اختصاص به زمین کشاورزی دارد. مقادیر شاخص MNDWI در غنی ترین منطقه در سال ۱۳۹۷ از مساحتی معادل ۱۲/۲۷ کیلومتر مربع برخوردار بوده و با کاهش شدید در سال ۱۴۰۱ مواجه شده و به ۱/۶۸ کیلومتر مربع رسیده است. مناطق ساخت و ساز شده در این منطقه تا سال ۱۳۹۷ به سرعت در حال افزایش بوده لیکن تا سال ۱۴۰۱ تا حدودی کنترل شده و شدت آن کاهش یافته است. به صورتی که از ۴/۵ کیلومتر مربع در سال ۱۳۹۷ به ۱/۶ کیلومتر مربع در سال

۱۴۰۱ کاهش یافته است. حداکثر دمای سطح زمین (LST) از ۳۵/۴۲ درجه سانتیگراد در سال ۱۳۹۲ به ۳۹/۰۴ درجه سانتیگراد در سال ۱۴۰۱ رسیده است. پهنه برخوردار از دمای ۲۰ تا ۲۵ درجه سانتیگراد از ۶۷/۹ کیلومتر مربع به ۱۲۴ کیلومتر مربع رسیده که افزایش قابل توجهی را نشان می دهد. در نهایت، روابط همبستگی پیرسون نشان داد که بین شاخص NDVI و MNDWI با شاخص LST همبستگی منفی برخوردار بوده و بین شاخص LST با شاخص NDBI همبستگی مثبت برقرار است. لیکن وضعیت NDVI در فصل پاییز تفاوت پیدا کرده و همبستگی مثبتی را با LST نشان می دهد. بیشترین همبستگی مثبت به میزان ۰/۷۷ بین LST و NDBI مربوط به بهار ۱۳۹۷ بوده و بیشترین همبستگی منفی به میزان -۰/۷۱ متعلق به شاخص MNDWI و LST بوده که در پاییز ۱۳۹۷ به ثبت رسیده است. در نهایت می توان چنین استدلال کرد که دمای سطح زمین با شیئی ملایم در حال افزایش بوده و پهنه های وسیعی با دمای بین ۲۰ تا ۲۵ درجه سانتیگراد در فصل بهار مواجه گردیده اند. حداکثر دما نیز در حال افزایش می باشد. وضعیت منابع آبی و رطوبتی نیز نشان از شروع وضعیتی بحرانی را داشته است.

منابع

- Abedini, M., Chale, E. (2021). Detection of land use change using object oriented and pixel base techniques (case study: Mordagh chai basin), *Hydrogeomorphology*, 8(27): 163- 184.
- Abedin, M., Ghale, E., Aghazadeh, N., & mohamadzadeh sheshegaran, M. (2022). Monitoring the surface temperature and studying the land use relationship with surface temperature using OLI and TM image sensors (Case study: Meshginshahr city), *Journal of applied researches in Geographical sciences*, 22 (67) :375-393
- Adeyeri, O.E., Akinsanola, A.A., & Ishola, K.A. (2017). Investigating surface urban heat island characteristics over Abuja, Nigeria: relationship. *Remote Sens, Appl. Soc. Environ*, 7, 57–68.
- Ahmed, B., Kamruzzaman, M., Zhu, X., Rahman, M.S., & Choi, K. (2013). Simulating land cover changes and their impacts on land surface temperature in Dhaka, Bangladesh, *Rem. Sens*, 5, 5969–5998.
- Alimoradi, S., khorani, A., & esmaeilpoor, Y. (2017). Dynamics of vegetation in Karun watershed within Khuzestan province in relation with Temperature factors and precipitation, *Journal of applied researches in Geographical sciences*, 17 (44) :155-177
- Al-Hameedi, W.M.M., Chen, J., Faichia, C., Al-Shaibah, B., Nath, B., Kafy, A.-A., Hu, G., & Al-Aizari, A. (2021). Remote sensing-based urban sprawl modeling using multilayer perceptron neural network Markov chain in Baghdad, *Iraq. Rem. Sens*, 13, 4034.
- Asghari, S., Sadeghi, A., Molanouro, E. (2023). Investigation of changes in snow cover and surface temperature with topographic component of elevation case study (Urmia Lake catchment), *Hydrogeomorphology*, 10(34): 53- 75.
- Damavandi, A., Rahimi, M., & Yazdani, M. (2016). Spatial monitoring of agricultural Drought through time series of NDVI and LST indices of MODIS data (case study: Markazi Province), *Scientific- research Quarterly of Geographical Data (SEPEHR)*, 25(99): 115- 126.
- Das, N., Mondal, P., Sutradhar, S., & Ghosh, R. (2021). Assessment of variation of land use/ land cover and its impact on land surface temperature of Asansol subdivision. *Egyptian J. Rem. Sens, Space Sci*, 24 (1), 131–149.
- Dhar, R.B., Chakraborty, S., Chattopadhyay, R., & Sikdar, P.K. (2019). Impact of land-use/ land-cover change on land surface temperature using satellite data: a case study of rajarhat block, north 24-parganas district, West Bengal, *J. Indian Soc. Rem. Sens*, 47, 331–348.
- Fattah, M., & Morshed, S.R. (2022). Assessment of the responses of spatiotemporal vegetation changes to climatic variability in Bangladesh. *Theor, Appl. Climatol*, 148, 285–301.
- Fattah, M., Morshed, S.R., & Morshed, S.Y. (2021). Multi-layer perceptron-Markov chainbased artificial neural network for modelling future land-specific carbon emission pattern and its influences on surface temperature, *SN Appl. Sci*, 3, 359.

- Feizizadeh, B., DIdeban, K., & Gholamnia, K. (2016). Extraction of land surface temperature (LST) based on landsat satellite images and slit window Algorithm study area: Mahabad Catchment, *Scientific- Research Quarterly of Geographical data*, 25(98): 171- 181.
- Gazi, A., & Mondal, I. (2018). Urban heat island and its effect on dweller of Kolkata metropolitan area using geospatial techniques. *Int, J Comput Sci Eng*, 6 (10), 778–794.
- Georgiana, G., & Urişescu, B. (2019). Land use/land cover changes dynamics and their effects on surface urban heat island in Bucharest, Romania. *Int, J Appl Earth Obs Geoinf*, 80, 115–126.
- Heidari, M A., & Tavakoli, A. (2017). Analyzing of the Relationship Between Land Surface Temperature Temporal Changes and Spatial Pattern of Land Use changes, *MJSP*, 21 (3) :119-144
- Hosseini Chamani, F., Farrokhian Firuzi, A., & Amerykhah, H. (2019). Perotransfer function (PTF) for estimation soil moisture using NDVI, land surface temperature (LST) and normalized moisture (NDMI) indices, *Journal of water and soil conservation*, 26(4): 239-254.
- Huang, G.L., & Cadenasso, M.L. (2016). People, landscape, and urban heat island: dynamics among neighborhood social conditions, land cover and surface temperatures, *Landsc Ecol*, 31, 2507–2515.
- Imran, H.M., Hossain, A., & Islam, A.K.M.S. (2021). Impact of land cover changes on land surface temperature and human thermal comfort in Dhaka city of Bangladesh, *Earth Syst Environ*, 5, 667–693.
- Jamali, Z., ownegh, M., & salman mahini A R. (2019). Investigation the relationship between surface temperature and land use and Normalized Difference Vegetation Index in Gorgan plain, *MJSP*, 23 (3) :175-194
- Kafy, A.A. (2021). Impact of Vegetation Cover Loss on Surface Temperature and Carbon Emission in a Fastest-Growing City, Cumilla, Bangladesh, 207. *Building and Environment*.
- Kafy, A.A. (2022). Predicting the Impacts of Land Use/land Cover Changes on Seasonal Urban thermal Characteristics Using Machine Learning Algorithms, 217. *Building and Environment*.
- Kumar, M., Mondal, I., & Pham, Q.B. (2021). Monitoring Forest Landcover Changes in the Eastern Sundarban of Bangladesh from 1989 to 2019. *Acta Geophys*, 69. Springer, 561577.
- Lemonsu, A., Kounkou-Arnaud, R., Desplat, J., Salagnac, J.-L., & Masson, V. (2013). Evolution of the Parisian urban climate under a global changing climate, *Clim Chang*, 116, 679–692.
- Li, X., Zhou, Y., Asrar, G.R., & Imhoff, M., Li, X. (2017). The surface urban heat island response to urban expansion: a panel analysis for the conterminous United States. *Sci. Total Environ*. 605, 426–435.
- Lowe, S.A. (2016). An energy and mortality impact assessment of the urban heat island in the US. *Environ, Impact Assess Rev*, 56, 139–144.
- Maithani, S., Nautiyal, G., & Sharma, A. (2020). Investigating the effect of lockdown during COVID-19 on land surface temperature: study of Dehradun city, India, *J Indian Soc Rem Sens*, 48, 1297–1311.
- Mondal, I., Thakur, S., Ghosh, P.B., & De, T.K. (2021). Assessing the Impacts of Global Sea level rise (SLR) on the Mangrove Forests of Indian Sundarbans using Geospatial Technology, *Geographic Information Science for Land Resource Management*, 11, Wiley, 209–228.
- Mondal, I., Thakur, S., Ghosh, P.B., De, T.K., & Bandyopadhyay, J. (2018). Land use/land cover modeling of sagar island, India using remote sensing and GIS techniques. In: Springer Advances in Intelligent Systems and Computing (AISC), *Emerging Technologies in Data Mining and information Security*, 755, 771–785.
- Morshed, S.R., Fattah, M.A., Haque, M.N., & Morshed, S.Y. (2021). Future ecosystem service value modeling with land cover dynamics by using machine learning based Artificial Neural Network model for Jashore city, Bangladesh, *Phys Chem Earth* 103021. Parts A/B/C.
- Nadizadeh Shorabeh, S., Hamzeh, S., Kiavarz, M., & Afsharipoor, S. (2018). Effects of spatial land use changes and urban development on the increase of land use temperature using landsat multi temporal images (case study: Gorgan city), *Geographical Urban Planning Research*, (3), 545- 568.
- Niliyeh Brojeni, M., & Ahmadi Nadoushan, M. (2020). The relationship between urban vegetation and land surface temperature in Isfahan city using Landsat TM and OLI satellite image and LST index, *Environmental Sciences*, 17(4), 168- 178.

- Obilor, E.I., & Amadi, E.C. (2018). Test for significance of Pearson's correlation coefficient(r). *Int. J. Innov. Math. Stat. Energy Pol.* 6 (1), 11–23.
- Sedgwick, P. (2014). Spearman's rank correlation coefficient. *BMJ* 349.
- Steenefeld, G.J., Klompmaker, J.O., Groen, R.J.A., & Holtslag, A.A.M. (2018). An urban climate assessment and management tool for combined heat and air quality judgements at neighborhood scales, *Resour Conserv Recycl*, 132, 204–217.
- Thakur, S., Mondal, I., Bar, S., Nandi, S., Das, P., Ghosh, P.B., & De, T.K. (2020). Shoreline changes and its impact on the mangrove ecosystems of some Islands of Indian Sundarbans, North- East coast of India, *J Clean Prod*, 284, 124764. Elsevier, (2020).
- Thakur, S., Mondal, I., Ghosh, P.B., Das, P., & De, T.K. (2019). A review of the application of multispectral remote sensing in the study of mangrove ecosystems with special emphasis on image processing techniques, *J Spat Info Res.* Springer Nature.
- Zhang, Y. (2016). Dynamics of land surface temperature (LST) in response to land use and land cover (LULC) changes in the Weigan and Kuqa river oasis, Xinjiang, China, *Arabian J Geosci*, 9, 1–14
- Zhang, Y. (2013). NDVI-based vegetation changes and their responses to climate change from 1982 to 2011: a case study in the Koshi River Basin in the middle Himalayas, *Global Planet Change* 139–148
- Zhi, Y., Shan, L., Ke, L., & Yang, R. (2020). Analysis of land surface temperature driving factors and spatial heterogeneity research based on geographically weighted regression model, *Complexity*, 2020, 2862917.